

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 44 09 892 A 1

51 Int. Cl. 8:  
G 01 B 21/22  
G 01 B 7/30  
G 01 D 5/249  
B 62 D 15/02

21 Aktenzeichen: P 44 09 892.8  
22 Anmeldetag: 23. 3. 94  
43 Offenlegungstag: 28. 9. 95

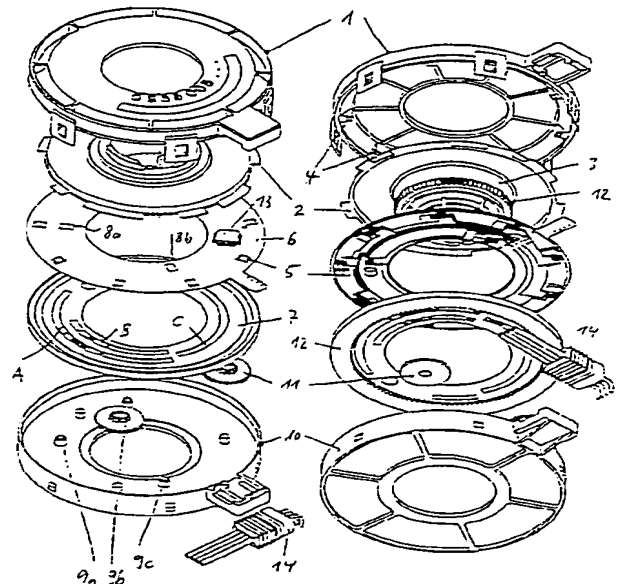
DE 44 09 892 A 1

71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Kaiser, Harry, Dipl.-Ing. (FH), 71706 Markgröningen,  
DE; Abendroth, Manfred, Dipl.-Ing. Dr., 71672  
Marbach, DE

54 Sensor zur Erfassung des Lenkwinkels

57 Es wird ein Sensor zur Erfassung des Lenkwinkels eines Fahrzeuges angegeben, der eine erste Codescheibe aufweist, die von einer Anzahl von Aufnehmern abgetastet wird und sich mit derselben Geschwindigkeit wie das Lenkrad dreht. Eine zweite Codescheibe dreht sich mit einem Viertel der Geschwindigkeit der ersten Scheibe und weist drei Codespuren auf, die von entsprechenden Aufnehmern abgetastet werden. Durch geeignete Verknüpfung der somit erzeugten Fein- und Grobsignale kann eine eindeutige Winkelbestimmung durchgeführt werden. Als Aufnehmer werden beispielsweise Magnethallschranken eingesetzt.



DE 44 09 892 A 1

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Sensor zur Erfassung des Lenkwinkels, beispielsweise eines Kraftfahrzeuges, nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Für bestimmte Sicherheitssysteme in Kraftfahrzeugen (z. B. automatische Hinterachslenkung, Fahrdynamikregelung) wird aus Sicherheitsgründen sofort nach Einschalten des Fahrzeuges die aktuelle Lenkradposition benötigt. Insbesondere Sensoren mit inkrementeller Arbeitsweise, bei denen die Winkelinkremente in nur einer Spur angeordnet sind, können diese Forderung nur unzureichend erfüllen, da in jedem Fall eine Indexmarke erreicht werden muß, bevor der Sensor einen gültigen Meßwert liefert. Weiterhin muß ein solcher Lenkradwinkelsensor einen Meßwert im Bereich von  $\pm 720$  Grad liefern. Dies bedeutet, daß ein zweites System innerhalb des Sensors vorhanden sein muß, welches die über die Umdrehung hinausgehenden Winkelwerte erfaßt. Auch dieses System muß sofort nach Zündung "Ein" einen gültigen Wert liefern.

Analoge Sensorsysteme wie Potentiometer (Patentschrift 0 477 653 A1) erfüllen als solche diese Forderung, haben jedoch den Nachteil, daß sie nicht verschleißfrei arbeiten und aus dieser Sicht die Anforderungen an ein Sicherheitssystem nicht erfüllen.

Lösungen für digitale absolut messende Systeme (Abtastung mehrerer Codespuren innerhalb einer Umdrehung) sind zu aufwendig und lassen sich mit bekannten Mitteln nicht oder nur schwer im vorhandenen Bauraum kostengünstig unterbringen (Patentschrift 0 489 350 A1).

Aus der DE-P 42 20 883 ist ein Lenkwinkelsensor bekannt, bei dem zwei Feinsignale erzeugt werden, die gegeneinander verschoben sind und sich alle  $360^\circ$  wiederholen. Weiterhin wird ein Grobsignal erzeugt, das sich über einen Winkelbereich von vier Umdrehungen des Lenkrades erstreckt und erkennen läßt, in welcher Umdrehung sich das Lenkrad befindet.

Eine weitere Lösung beschreibt einen Absolutwinkelgeber auf der Basis eines einspurigen inkrementellen Codes, der in Verbindung mit mehreren Abtastern einen Absolutwert innerhalb einer Lenkradumdrehung liefert (Patentschrift 03 77 097 B1). Beiden zuletzt genannten Lösungen fehlt jedoch die Erfassung der über  $360$  Grad hinausgehenden Lenkradwinkel. Man behilft sich bisher damit, nach einer anfänglichen Initialisierung des Winkelmeßsystems den zuletzt gültigen Winkelwert einschließlich der Zahl der Lenkradumdrehungen in geeigneter Weise (meist mittels elektronischem Speicher) zu speichern und greift beim erneuten Einschalten des Fahrzeuges auf den beim Ausschalten abgelegten Wert zurück. Dabei wird vorausgesetzt, daß sich die Stellung des Lenkrades nach Zündung "Aus" nicht mehr verändert. Da dies aber nicht in jedem Falle ausgeschlossen werden kann, wird vielfach der Sensor nach Zündung "Aus" nicht vom Bordnetz des Fahrzeuges genommen, so daß auch nach Zündung "Aus" Veränderungen der Winkelstellung des Lenkrades erfaßt werden können. In solchen Fällen werden die Sensoren in einen Stromsparmodus geschaltet, damit sich die Batterie des Fahrzeuges nicht zu schnell entlädt. Als Risiko bleibt immer der Ausfall der Versorgungsspannung bestehen, weil dann in solchen Fällen der Sensor seine Information über die Zahl der Lenkradumdrehungen verliert. Nach solchen

Ereignissen muß der Sensor erneut durch eine besondere Prozedur initialisiert werden, was in der Regel nur in Spezialwerkstätten erfolgen kann.

Es wäre also ein Sensor wünschenswert, der bei Zündung "Ein" sofort den Absolutwinkel innerhalb des Lenkradwinkelbereiches von  $\pm 720$  Grad liefern würde. Wünschenswert wäre ebenso eine rein digitale Arbeitsweise des Sensors innerhalb des gesamten Lenkradwinkelbereiches, um aufwendige Abgleichprozeduren zu vermeiden.

## Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Sensor zur Erfassung des Lenkwinkels beispielsweise bei einem Kraftfahrzeug, mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, daß eine eindeutige Zuordnung zwischen Fein- und Grobsignal über den gesamten zu erfassenden Winkelbereich möglich ist. Es gibt daher keine Winkelbereiche mehr, bei denen keine eindeutige Aussage über die Umdrehung, in der sich die Lenksäule befindet, gemacht werden kann.

Besonders vorteilhaft ist, daß durch den aus drei Spuren gebildeten Code im Grobsystem die beim Zusammenbau auftretenden Toleranzanforderungen weitestgehend behoben werden.

Die Auswertung des Grobsystemes sowie die Verarbeitung der digitalen Fein- und Grobsignale lassen sich mit Hilfe eines einzigen Mikrocontrollers realisieren. Die konstruktive Anordnung der Sensoren für das Fein- und Grobsystem auf einem gemeinsamen Verdrahtungsträger ermöglicht einen einfachen Aufbau des Gesamtsystems.

Besonders vorteilhaft ist, daß als Aufnehmer Halbelemente mit schaltendem Ausgang sowohl für das Fein- als auch das Grobsystem verwendet werden können.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Sensors möglich.

## Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Figur dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Dabei zeigt Fig. 1 ein konkretes Ausführungsbeispiel der Erfindung, in Fig. 2 ist der Verlauf des Feinsignales sowie der Grobsignale über den Winkel dargestellt, wobei das Grobsignal mit Hilfe zweier Codespuren erzeugt wird. In Fig. 3a ist derselbe Sachverhalt dargestellt, wobei zur Erzeugung des Grobsignales nun drei Codespuren vorhanden sind. In Fig. 3b sind die mit der erfindungsgemäßen Anordnung erzielbaren Codierungen aufgetragen.

## Beschreibung

Das im folgenden beschriebenen System löst erfindungsgemäß die Aufgabe.

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung des Drehwinkels eines Fahrzeuglenkrades mit einem lenkradseitig angeordneten Sensor, bestehend aus einer ersten Codescheibe, die in einer einspurigen Streifenstruktur einen sog. Gray-Code trägt, mit dem der Absolutwert des Drehwinkels innerhalb einer Lenkradumdrehung erkannt werden kann und einer zweiten Codescheibe, die in Verbindung mit einem Untersetzungsgetriebe die Erkennung des Drehwinkels für Winkel größer als  $360$  Grad ermöglicht.

### Beschreibung des Feinsystems zur Erfassung des Winkels innerhalb einer Lenkradumdrehung

Das Feinsystem besteht aus einer Scheibe, die an ihrem Umfang innerhalb einer Spur Ausschnitte enthält und mehreren, in gleichmäßigen Winkelabständen angeordneten Sensoren, so daß im Zusammenwirken von Scheibe und Sensoren ein Code entsteht, der eine Absolutwerterkennung innerhalb einer Lenkradumdrehung ermöglicht. Im Ausführungsbeispiel besteht die Scheibe aus magnetisch gut leitendem Blech und ist fest mit der Lenkwelle verbunden (z. B. über eine formschlüssige Verbindung). Die Aussparungen in der sich mit der Lenkwelle drehenden Scheibe werden von neun am Umfang angeordneten Sensoren (Magnet-Hall-Schranken) abgetastet, wobei eine "1" entsteht, wenn zwischen Magnet und Hall-Schalter kein Blech ist, und eine "0" entsteht, wenn der Magnetfluß durch ein Blechsegment der Scheibe unterbrochen ist. Die Auflösung bzw. Schaltgenauigkeit der Magnet-Hall-Schranke ermöglicht eine ausreichende Winkelauflösung von etwa 2 Grad. Der Vorteil einer solchen Anordnung liegt in der Robustheit, insbesondere der Verschmutzungsunanfälligkeit und dem großen Temperaturbereich, in dem solche Magnet-Hall-Schranken zuverlässig arbeiten. Fremdeinflüsse können weitgehend ausgeschlossen werden. Die Anordnung läßt sich außerordentlich flach aufbauen.

### Beschreibung des Grobsystems

In Kraftfahrzeugen ist ständig der Lenkradwinkel innerhalb von  $\pm 2$  Lenkradumdrehungen zu messen, d. h., das Lenkrad muß mehrfach gedreht werden, um vom linken zum rechten Anschlag zu gelangen.

Zur Detektion der Umdrehungszahl sind verschiedene Lösungen möglich. Erfindungsgemäß wird im Ausführungsbeispiel eine zweite Codescheibe vorgesehen, die durch ein Getriebe, das einen direkten Zusammenhang zwischen Lenkraddrehwinkel und Anzahl der Umdrehungen herstellt, angetrieben wird. Beim Getriebe handelt es sich vorzugsweise um ein Planetenumlaufgetriebe mit einer Untersetzung von exakt 4 : 1. Dieses Untersetzungsverhältnis ist günstig, um einen Betrieb des Sensors ohne Anschlag ermöglichen zu können. So ergeben sich nach jeweils 4 Lenkradumdrehungen immer gleiche Ausgangsbedingungen.

Die Grobcodescheibe besteht wie der Feinsignalgeber aus magnetisch gut leitendem Blech. Sie trägt drei Codespuren (Ausschnitte) A, B, C, die ebenfalls mit Magnet-Hall-Schranken abgetastet werden. Drei Codespuren sind erforderlich, um die Eindeutigkeit der Zuordnung von Grob- und Feinsignal zu gewährleisten, insbesondere im Augenblick des Einschaltens des Systems.

Würde man das Grobsignal nur mittels zweier Codespuren, mit denen ja eigentlich zwei Lenkradumdrehungen codiert werden können, realisieren, gäbe es wegen der größeren Toleranzen innerhalb des Grobsystems Probleme, im Umschaltbereich zwischen zwei Umdrehungen eine eindeutige Zuordnung zwischen Fein- und Grobsignal herzustellen (s. Abb. 2).

Wird z. B. vom Grobsignal eine "2" erkannt und der Feinwinkel liegt im Bereich um 0 Grad, kann der Absolutwinkel, der ja aus dem Fein- und Grobsignal zusammengesetzt werden muß, sowohl der zweiten als auch der dritten Umdrehung zugeordnet werden. Die geforderte Eindeutigkeit ist also in diesem Bereich nicht gegeben. Auch eine logische Verknüpfung zwischen Fein-

und Grobsignal liefert keine eindeutigen Ergebnisse.

Die geringere Winkelauflösung des Grobsystems und das damit verbundene größere Toleranzband für das Umschalten zwischen zwei Lenkradumdrehungen ist bedingt durch die Verwendung des gleichen Abtastprinzips wie beim Feinsystem bei gleichzeitiger Untersetzung des Drehwinkels um den Faktor 4, so daß für die Winkelauflösung innerhalb des Grobsystems mit etwa  $\pm 10$  Grad gerechnet werden muß. Außerdem wirken noch weitere toleranzvergrößernde Einflüsse wie Getriebeispiel, Lagerspiel usw.

Die Zuordnungsprobleme zwischen Fein- und Grobsignal bei Verwendung von nur zwei Codespuren sind in Abb. 2 dargestellt. Es ist deutlich ersichtlich, daß es unvermeidbare Winkelbereiche gibt, bei denen im Augenblick des Einschaltens kein eindeutiger Absolutwinkel innerhalb des Gesamtwinkelbereichs angegeben werden kann.

Erfindungsgemäß wird das Problem durch Einführung einer dritten Codespur gelöst. Damit liefert das Grobsystem eine 3-Bit-Information für vier Lenkradumdrehungen. Eine mögliche Zuordnung der drei Codespuren des Grobsystems zum absolut messenden Feinsystem ist in Abb. 3a dargestellt. Durch die vorgesehenen drei Codespuren kann mittels dreier dazugehöriger Abtaster eine Wertigkeit des Grobsignals im Bereich 0...7 generiert werden. Geht man wieder davon aus, daß es nur möglich ist, die Erfassung der Codeübergänge des Grobsignals innerhalb eines Toleranzbandes von  $\pm 10$  Grad vorzunehmen, ist es auch hier noch nicht ohne weiteres möglich, im Bereich der Übergänge eine eindeutige Zuordnung von Fein- und Grobsystem zu gewährleisten.

Im Gegensatz zur Zweispurlösung kann jedoch die Eindeutigkeit des Lenkradwinkels unter Zuhilfenahme des Feinsignals eindeutig bestimmt werden, wenn die mehrdeutigen Wertigkeiten des Grobsignals mit den Vorschriften gemäß Abb. 3b verknüpft werden. Diese Verknüpfung geschieht mit einem Mikrocontroller oder einer ähnlichen Vorrichtung, die integraler Bestandteil des Sensors ist.

### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In einem Deckel 1, der fest mit dem Chassis des Fahrzeuges verbunden ist, befindet sich drehbar gelagert eine Codescheibe 2. Die Codescheibe 2 besteht aus einem kreisrunden Blechteil und ist an ihrem Umfang mit Aussparungen versehen, die in ihrer Gesamtheit in Verbindung mit neun Abtastern (neun Magnet-Hall-Schranken) einen Absolutcode (einschrittig verketteter Code; nach jedem Winkelschritt ändert sich genau nur eine Bitposition) geben. Am Codeträger 2 ist weiterhin eine Hohlwelle 3 angebracht, die eine formschlüssige Verbindung mit der Lenksäule ermöglicht, so daß sich die Codescheibe gemeinsam mit der Lenksäule dreht.

Im Deckel 1 befinden sich weiterhin neun stabförmige Magnete 4 im gleichen Winkelabstand voneinander am Umfang verteilt. Die dazugehörigen Hallelemente (im vorliegenden Falle mit integriertem Schaltausgang) befinden sich auf einem gemeinsamen Verdrahtungsträger 6. Sie haben untereinander den gleichen Winkelabstand wie die Magnete. Befindet sich ein Segment des Codeträgers zwischen Magnet und Hallschalter, liefert dieses entsprechende Paar den Wert "0". Jede der neun Magnet-Hall-Schranken repräsentiert eine Bitposition im Code des Absolutsystems.

Durch die neun Magnet-Hall-Sensoren wird ein 9-Bit-Code erzeugt, der eine Winkelauflösung von 0,8 Grad ermöglicht. Diese mögliche Auflösung wird jedoch durch die Schalthysterese der Magnet-Hall-Schranken, deren Temperaturgang und durch die Lagetoleranzen der Magnet-Hall-Anordnung begrenzt. Im Ausführungsbeispiel beträgt die Auflösung 2,5 Grad.

Eine weitere Codescheibe 7 besteht ebenfalls aus magnetisch gut leitendem Material und trägt drei Codespuren, die in radialer Richtung in verschiedenen Abständen (drei Kreisbahnen) angeordnet sind. Der Code dieses Grobsystems wird durch Aussparungen innerhalb dieser Kreisbahnen gebildet. Er wird genau wie beim Feinsystem durch Magnet-Hall-Schranken abgetastet, wobei sich die drei Hallelemente 8a, b und c ebenfalls auf dem Verdrahtungsträger 6 befinden. Die zu den Hallelementen 8a, b und c Magnete 9a, b und c sind im Boden 10 des Sensors angeordnet. Die Codescheibe 7 bildet gleichzeitig ein innenverzahntes Rad eines Getriebes, das von drei zweistufigen Räderpaaren 11a, b und c angetrieben wird. Diese werden ihrerseits von einem Zentralrad 12 angetrieben, das integraler Bestandteil der Hohlwelle 3 ist. Im Ausführungsbeispiel dreht sich das mit der Codescheibe 7 verbundene innenverzahnte Rad, die drei zweistufigen Planetenräderpaare 11a—c sind in im Gehäuseboden 10 feststehenden Zapfen gelagert. Es handelt sich also um ein zweistufiges Standgetriebe, bei dem das Antriebsrad durch ein innenverzahntes Rad gebildet wird. Die Untersetzung beträgt exakt 4 : 1, um ein "Durchdrehen" des Sensors zu ermöglichen (Vermeidung eines Anschlages). Die Codescheibe 7 dreht sich also nach vier Lenkradumdrehungen genau einmal. Dadurch ist gewährleistet, daß die Zuordnung zwischen Fein- und Grobsignal nicht verlorenght, wenn versehentlich der Sensor vor dem Einbau "verdreh" wird.

Auf dem Verdrahtungsträger 6 befindet sich neben den zwölf Hallelementen 5a—i und 8a—c auch die Auswerteelektronik 13, im Ausführungsbeispiel ein Mikrocontroller.

Der Mikrocontroller liest über seine Ports den von den Codescheiben 2 und 7 generierten Code, erzeugt mit einem internen Programm den zum Code gehörenden Absolutwinkel, überprüft die ermittelten Werte auf Plausibilität und gibt den errechneten Lenkwinkel über eine serielle Schnittstelle (vorzugsweise in einem standardisierten CAN-Format) an ein übergeordnetes Steuergerät in ein Anschlußkabel 14 weiter.

Als Aufnehmer können auch optische oder induktive Mittel eingesetzt werden, die Codescheiben sind dann entsprechend anzupassen.

signals erfolgt und die Auswertung mittels eines Mikrocontrollers realisiert wird.

2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufnehmer Magnet-Hall-Schranken sind.

3. Sensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die drei Spuren der zweiten Codescheibe so angeordnet sind, daß ein 3-Bit-Code für das Grobsignal erzeugt wird.

4. Sensor nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Scheibe von neun Aufnehmern abgetastet wird, zur Erzeugung eines einschrittig verketteten Absolutcodes für das Feinsignal.

5. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Untersetzung mittels eines Getriebes erfolgt und das Untersetzungsverhältnis gleich 1 : 4 ist.

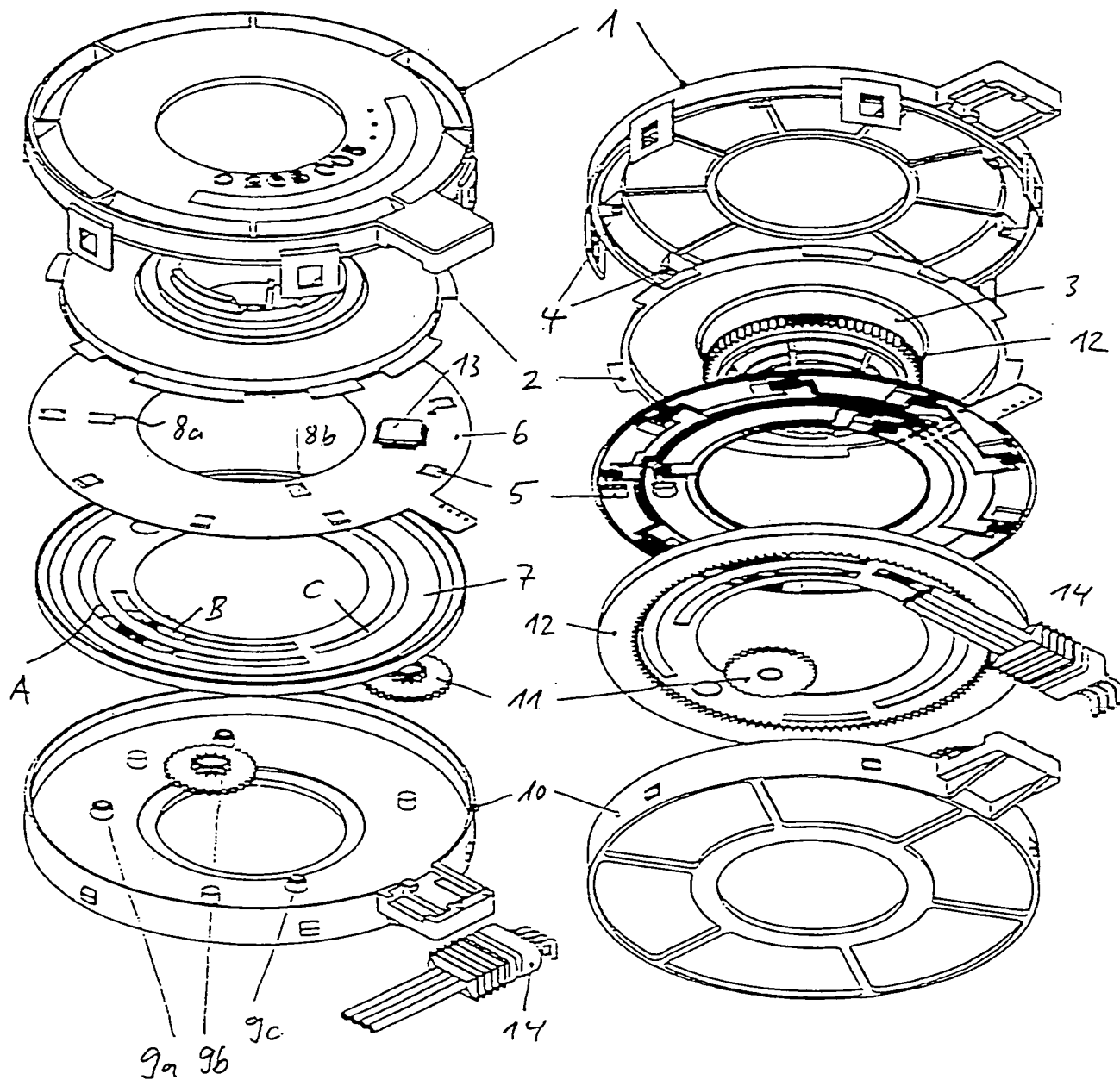
6. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Mittel zur Erzeugung des Feinsignales und die zweiten Mittel zur Erzeugung des Grobsignales so miteinander in Verbindung stehen, daß die Toleranzbereiche des Grobsignales mittels zugehöriger Werte des Feinsignales unwirksam gemacht werden.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

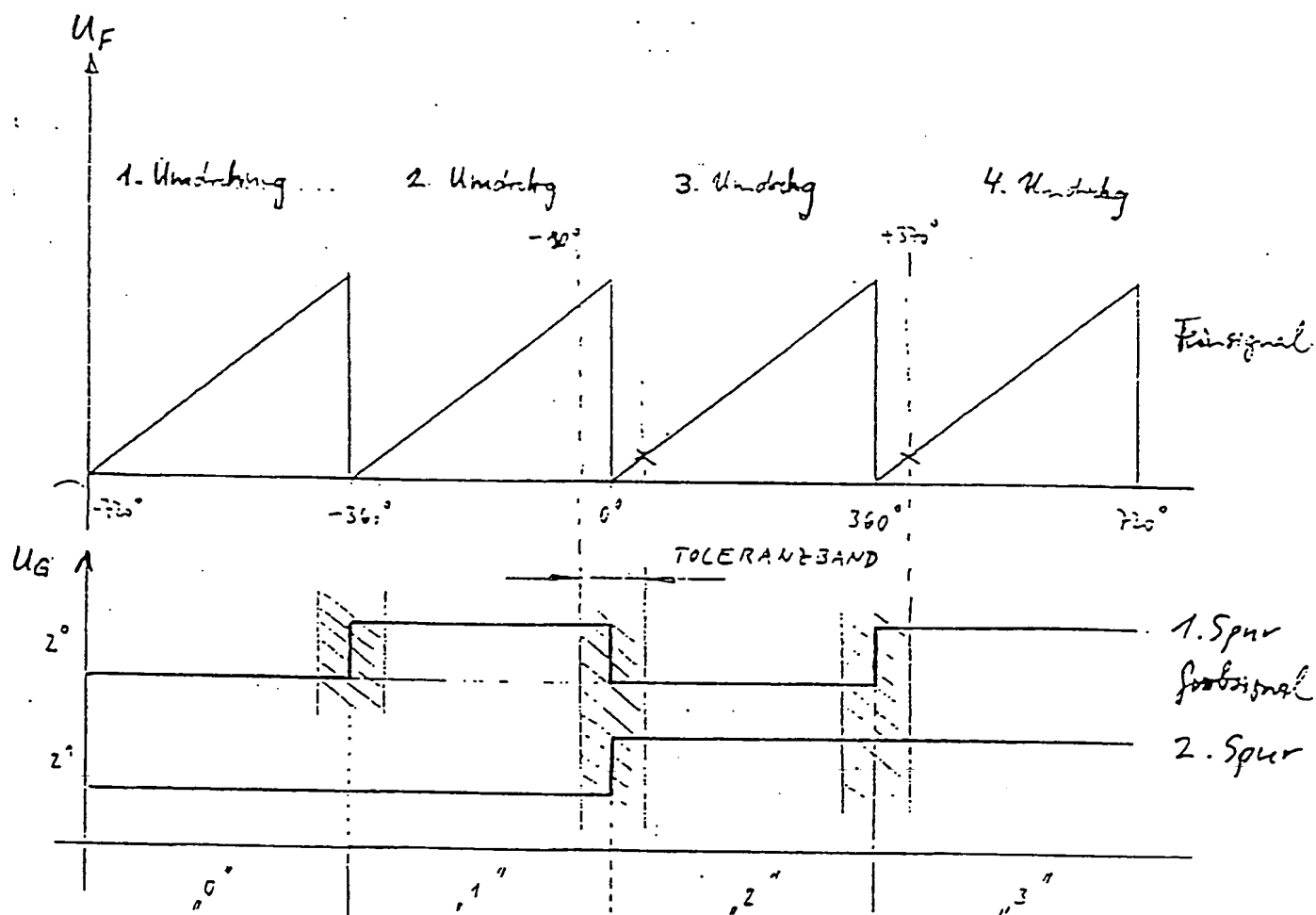
#### Patentansprüche

1. Sensor zur Erfassung des Lenkwinkels, mit ersten Mitteln, die eine erste Scheibe mit (n) zugehörigen Aufnehmern umfassen, die sich nach einer Umdrehung der Lenksäule wiederholende Feinsignale liefern und mit zweiten Mitteln zur Erzeugung eines Grobsignales, **dadurch gekennzeichnet**, daß die erste Scheibe einen Code aufweist, daß die zweiten Mittel eine Codescheibe mit wenigstens drei Codespuren und wenigstens drei den Spuren zugeordneten Aufnehmern umfassen und daß die zweite Codescheibe gegenüber der ersten Codescheibe in einem wählbaren Verhältnis untersetzt drehbar ist und daß die Erkennung der Winkellage durch Verknüpfung der Feinsignale und des Codes des Grob-

- Leerseite -



Figur 1



Figur 2

a/.